

**PROPOSTA DE INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA DE PARTÍCULAS INTEGRADAS
AO CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA POR MEIO DE UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA
(Proposal for inclusion of topics of particle physics integrated electric charge
through a potentially meaningful teaching units)**

Lisiane Barcellos Calheiro [liscalheiro@gmail.com]

Isabel Krey Garcia [ikrey69@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências – Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria . Santa Maria, RS, Brasil

Resumo

Neste artigo são apresentados os resultados da análise dos mapas livres e conceituais elaborados a partir da aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, que é uma sequência didática fundamentada em diversas teorias de aprendizagem e que pretende favorecer a aprendizagem significativa dos alunos. Os resultados são parte de uma pesquisa de mestrado em Educação em Ciências que trata da inserção de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos tradicionais do terceiro ano do Ensino Médio. A pesquisa consistiu da elaboração, aplicação e avaliação de duas UEPS, implementadas em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, Brasil. A UEPS aqui abordada teve como objetivo integrar tópicos de Física de Partículas e de Eletricidade. Foi aplicada uma sequência didática que integrou os tópicos de carga elétrica, modelos atômicos, partículas elementares, quantização e processos de eletrização. Tal inserção objetivou estimular o interesse sobre temas referentes à Física Moderna e Contemporânea. Desenvolvemos, através da UEPS, atividades visando promover a aprendizagem significativa e a construção do conhecimento em sala de aula, pois os conteúdos envolvidos são complexos, o que torna sua inserção um desafio para o professor do Ensino Médio, implicando em mudanças nas suas práticas pedagógicas. A pesquisa evidenciou que a inclusão dos tópicos de Física de Partículas integradas ao conceito de carga elétrica, através da UEPS, levou a resultados satisfatórios na aprendizagem dos estudantes.

Palavras-chave: unidades de ensino potencialmente significativa; Física de Partículas; Eletricidade; mapas conceituais.

Abstract

In this article the results of the analysis of free and concept maps produced are presented from the application and evaluation of a Potentially Meaningful Teaching Units – PMTU, which is a teaching sequence based on various learning theories and seeks to promote meaningful student learning. Presents, in this work, part of a research Masters in Science Education which deals with the inclusion of topics of particle physics integrated with traditional content of the third year of high school. It was implemented in a third grade high school class of a State School in Santa Maria, Rio Grande do Sul, and Brazil. The PMTU aimed to address in an integrated manner threads for Particle Physics and Electronics. A didactic sequence that integrated the topics of electric charge, atomic models, elementary particles, quantization and process electrification was applied. Such integration aimed at stimulating the interest on topics related to Modern and Contemporary Physics. It was developed using PMTU activities that aimed at promoting meaningful learning and knowledge construction in the classroom, Since the topics involved were quite complex, this made their integration a real challenge to the high school teachers, and resulted in changes in their teaching

practices. Research showed that the inclusion of topics on physics of elementary particles and electricity, through Potentially Meaningful Teaching Units, show satisfactory results in the students' learning.

Keywords: particle of physics; electric charge; potentially meaningful teaching units; conceptual maps.

Introdução

Há séculos a humanidade acompanha as transformações em nosso planeta com atenção e curiosidade, e tenta entendê-las seja através do estudo dos fenômenos físicos observáveis, seja através do estudo dos constituintes da matéria, em constante evolução.

A Física de Partículas, neste contexto, é a área da Física que se dedica a entender e explicar a constituição da matéria. Ao escolhermos este tópico, pretendemos esclarecer conceitos científicos que despertam a curiosidade, como compreender o Universo e suas interações, e fornecer aos alunos conhecimentos que possibilitem entender os constituintes básicos de que somos formados, estimulando a aprendizagem e o interesse pela Ciência.

É de conhecimento geral que o ensino de Ciências em geral e de Física, mais especificamente, não tem demonstrado mudanças nas práticas pedagógicas nas escolas de Ensino Médio. Mesmo com a grande quantidade de pesquisas e projetos desenvolvidos nas últimas décadas sobre ensino-aprendizagem, os alunos continuam sendo ensinados tendo como base a resolução de exercícios e conteúdos que seguem o livro-texto, sem contextualização com seu cotidiano. Além disso, nas disciplinas de Física, seja a nível médio ou de graduação, os conteúdos são apresentados como resultado final, em detrimento do processo de construção do conhecimento de forma geral.

Como pesquisadores e educadores, sabemos que no Ensino Médio os conteúdos abordados ainda são essencialmente da Física clássica, predominando nos currículos e projetos pedagógicos das escolas. Estes currículos tradicionalmente dividem a Física nas áreas de Mecânica, Calorimetria, Ondulatória, Eletricidade, Magnetismo e Ótica. Além disso, são normalmente ministrados nas escolas com base na transmissão e na reprodução do conhecimento, através da apresentação de conceitos, leis e fórmulas, totalmente fragmentados e desarticulados da realidade dos estudantes.

Segundo Ostermann e Moreira (2001) grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva em equações e problemas simples de aplicação das mesmas.

Também, em nossa experiência docente, percebemos que o aluno de Ensino Médio não interage satisfatoriamente quando tratamos de assuntos relacionados à Física. Consideram os conteúdos trabalhosos, com muitas fórmulas de difícil compreensão e não os relacionam ao desenvolvimento científico aos quais tem contato diariamente, em torno das mais variadas áreas da Ciência.

No intuito de facilitar a aprendizagem dos estudantes, abordamos neste trabalho uma proposta de inserção de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de Eletricidade no Ensino Médio, baseada na construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), bem como suas contribuições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Referencial Teórico

Mesmo com a grande quantidade de pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Física, em sala de aula os conteúdos ainda são ministrados através de abordagens baseadas em princípios comportamentalistas. Os professores preocupam-se, ainda, apenas com as respostas e as

consequências do conhecimento adquirido em sala de aula, privilegiando o comportamento observável em detrimento da aprendizagem com significados. Moreira (2010) afirma que o modelo clássico de ensino ou modelo da narrativa, baseia-se muitas vezes no livro texto, na simples reprodução nos cadernos dos alunos do constante nos livros, restando aos alunos estudar (memorizar) e reproduzir nas avaliações o conhecimento adquirido, como produto final.

As pesquisas atuais sobre o ensino estão em desacordo com o referencial comportamentalista. Atualmente não se deveria mais falar em estímulo-resposta, mas buscar, na prática docente, um ensino com significados. Um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa (Moreira, et al., 1997).

Neste trabalho foram desenvolvidas atividades seguindo a linha construtivista, através da aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) proposta por Moreira (2011) com base nos seguintes autores: autores David Ausubel, Joseph D. Novak, D. B. Gowin, Lev Vygotsky, Gérard Vergnaud e Philip Johnson-Laird.

A UEPS, segundo Moreira (op.cit), é uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa, e se utiliza de princípios e passos que balizam a sua construção. Citamos, abaixo, alguns princípios elencados pelo autor (op. cit.) e que foram fundamentais na construção e implementação desta UEPS:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa;
- Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;

Para a elaboração da UEPS, Moreira (op. cit.) propõe oito passos, e sugere que estes sejam compostos por materiais e estratégias didáticas diversificadas, cabendo ao professor buscar a melhor forma de implementá-las. De maneira simplificada, citamos os passos sugeridos pelo autor:

1. Definição dos tópicos/conceitos que devem ser abordados e a forma como o conhecimento vai ser apresentado.
2. Elaboração de situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, e que possa ser relevante para que ele tenha uma aprendizagem significativa;
3. Proposição de situações-problema introdutórias, que visem preparar o aluno para os conceitos que serão abordados. Como exemplo podemos citar simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, filmes, entre outros. Estas situações devem dar sentido aos novos conhecimentos;
4. Apresentação do conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, ou seja, começando dos aspectos mais gerais para os mais específicos;

5. Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes do conteúdo da unidade de ensino, em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação, propondo situações-problema em níveis crescentes de complexidade;
6. Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, buscando a reconciliação integrativa, através de nova apresentação dos significados;
7. Avaliar a aprendizagem, ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa;
8. Verificar se houve êxito ou não na implementação da UEPS, ou seja, se a avaliação do desempenho dos alunos demonstra evidências de aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo, por isso a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Os referenciais adotados na construção da UEPS, acima explicitados, se complementam e buscam a interação entre professor, aluno e o material potencialmente significativo, sempre objetivando uma aprendizagem significativa.

Uma das atividades utilizadas na UEPS para verificar a ocorrência de indícios de aprendizagem significativa dos tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos de eletricidade, foi a elaboração dos mapas conceituais.

Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento (Novak e Cañas, 2010), e podem ser descritos como uma estratégia metodológica que demonstra visualmente, em forma de diagrama, a estrutura cognitiva idiossincrática do aluno, evidenciando indícios da estrutura cognitiva associada ao conhecimento específico abordado.

A técnica dos mapas conceituais foi desenvolvida por Novak e seus colaboradores, na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, e tem por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições (Novak e Gowin, 1988). Uma proposição é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras, para formar uma unidade semântica.

Um mapa conceitual possui diagramas cujo objetivo é relacionar os conceitos (palavras ou frases) ali contidos, ligando-os através de linhas ou setas, de forma a hierarquizá-los. Essa relação entre dois conceitos se dá através de proposições.

Segundo Moreira (2006), os mapas podem ser utilizados como um instrumento didático, de avaliação, ou como recurso para análise de conteúdo, seja este construído em sala de aula ou no planejamento de currículos. São instrumentos utilizados para negociar significado.

Mapas conceituais se destinam a representar relações significantes entre conceitos na forma de proposições, isto é, são dispositivos esquemáticos para representar um conjunto de significados de conceitos encaixados em um sistema de referência proposicional. (Moreira, 2006, p.30).

Durante a aplicação da UEPS foram propostas várias atividades que serviram para acompanhar a evolução conceitual dos estudantes. Neste trabalho abordaremos, especificamente, os mapas construídos pelos alunos, que foram de dois tipos: mapas livres e mapas conceituais.

Definimos como mapa livre uma estratégia didática em que os estudantes têm a liberdade de elaborar relações entre conceitos ou tópicos, em forma de diagrama, e diferentemente dos mapas conceituais, sem a preocupação da hierarquia entre os conceitos e da necessidade de palavras de ligação que expliquem as relações eles.

Metodologia

O trabalho foi implementado durante o segundo trimestre de 2013, numa turma da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública, na disciplina de Física, com carga horária de três horas-aula semanais. A primeira autora é a professora regente, e a pesquisa se deu em condições reais de sala de aula, num total de dezoito horas-aula.

Na elaboração da UEPS seguimos os princípios elencados por Moreira (2011), através dos passos sugeridos, de forma a tornar possível a integração de tópicos de Física de Partículas ao conceito de Carga Elétrica.

Inicialmente, foram realizadas atividades que propiciaram aos alunos externalizar seus conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos envolvidos. A partir do mapeamento e análise destes conhecimentos, e seguindo os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, trabalhamos de forma integrada os conceitos de física moderna e clássica. A proposta buscou uma abordagem alternativa dos tópicos de Física de Partícula, não se limitando à maneira tradicional como é abordada nos livros didáticos, ou seja, isolada e geralmente no último capítulo.

Na elaboração da UEPS vários foram os recursos didáticos utilizados nas atividades individuais e colaborativas propostas nas situações-problema. Moreira (op.cit.) define atividades colaborativas como:

Resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com a participação de todos integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado do produto obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado, criticamente, pelo grande grupo. (Moreira, 2011, p.8)

Seguindo os passos sugeridos pelo autor, passamos a descrever de forma resumida a UEPS implementada (Calheiro, 2014, p.58).

1º Passo: foram identificados os objetivos que nortearam a unidade didática e os conceitos propostos para desenvolvimento da UEPS.

Objetivos – facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos de partículas elementares, carga elétrica, processos de eletrização e força elétrica. Identificar, através das atividades da UEPS, se houve aprendizagem significativa.

Conceitos – átomo, modelo, modelos atômicos, modelo padrão, partícula elementar, elétron, próton, nêutron, quark, carga elétrica, quantização da carga, processos de eletrização.

2º Passo: foram desenvolvidas, a partir da situação inicial, três atividades para identificar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos tópicos definidos.

Situação Inicial: Consistiu de três atividades iniciais de ensino com a finalidade de verificar os conhecimentos prévios dos alunos. A primeira atividade foi a aplicação de um questionário composto de questões abertas e fechadas relacionado aos conceitos abordados na UEPS. As respostas ao questionário foram analisadas pela professora, imediatamente após serem entregues pelos alunos, que organizou os principais conceitos constantes nas respostas, dando seguimento a segunda atividade. Nesta os alunos elaboraram, em duplas, mapas livres a partir dos conceitos retirados do questionário e fornecidos aos estudantes, conforme quadro1. Para finalizar a situação inicial, a professora formulou questões a partir dos mapas conceituais, que foram discutidas em aula e registradas no diário (terceira atividade). Esta situação inicial teve duração de 3 horas-aula.

Quadro 1 – conceitos disponibilizados aos alunos para a elaboração dos mapas livres

Matéria	átomo	bárions	elétrons	prótons
força fraca	antimatéria	carga	nêutrons	molécula
partícula elementar	quarks	léptons	neutrino	antipartícula
força eletromagnética	força forte	modelo atômico	núcleo	spin
Força gravitacional	bósons			

3º Passo: foram desenvolvidas duas situações-problema, num nível introdutório, com o objetivo de demonstrar a importância dos modelos para a construção do conhecimento, como se deram os primeiros experimentos a respeito da constituição do átomo, introduzir o conceito de partícula elementar e carga elétrica e demonstrar experimentalmente os processos de eletrização. No início de cada situação-problema propusemos questões-chave para serem discutidas pelo grande grupo antes da realização dos experimentos

Situações-problema iniciais: Foram desenvolvidas duas situações-problema com propósito de discutir com os alunos como foram feitas as primeiras descobertas a respeito da constituição do átomo e o uso de modelos para explicar as evidências experimentais. Foi proposta, inicialmente, uma questão-chave para primeira situação: “Como descrever o átomo se não podemos observá-lo diretamente?”, e uma questão-chave para segunda situação: “Você já deve ter observado que, algumas vezes, ao descermos do carro e encostarmos-nos à porta levamos um leve choque. Existe alguma relação entre estes fatos citados e a constituição da matéria?”. As questões foram discutidas pela turma antes da realização das situações iniciais.

A primeira situação-problema foi uma atividade proposta por Siqueira & Pietrocola (2010) baseada em observações, utilizando analogias aos princípios que sustentam os aceleradores reais, e empregando princípios explorados no trabalho de Rutherford – Espalhamento de Rutherford. Após desenvolver esta atividade, foi apresentado o vídeo <http://www.youtube.com/watch?v=mmAvvx5m6ts> com a demonstração do experimento de Rutherford, junto com algumas questões que foram discutidas pelo grupo.

Na segunda situação-problema exploramos as propriedades elétricas da matéria, tais como conservação da carga, quantização da carga, tipos de carga, atração e repulsão entre as cargas de forma experimental e investigativa, através de experimentos sobre eletrização. Ao término da realização das atividades experimentais, os alunos confrontaram e discutiram as respostas com o grande grupo. Esta etapa teve duração de 3 horas-aula.

4º Passo: Foram introduzidos os conceitos de átomo, partícula como constituinte da matéria, modelos atômicos, próton, nêutron, elétron, carga elétrica, processos de eletrização e eletricidade. Nesta etapa começamos com os aspectos mais gerais, partindo da ideia inicial do todo. Estes conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides.

Aprofundando o conhecimento: Nesta etapa a professora introduziu os conceitos de átomo, partículas constituinte da matéria, modelos atômicos, próton, nêutron, elétron, carga elétrica, processos de eletrização e eletricidade. Estes conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação no data show e através de textos, com o objetivo de retomar as características e os pontos mais relevantes dos conceitos desenvolvidos nos passos anteriores. Ao final da atividade, os alunos receberam questões relacionadas aos conceitos apresentados e desenvolvidos até o momento nos passos anteriores da UEPS, para serem resolvidas em dupla. Esta atividade teve duração de 2 horas-aula.

5º Passo: *Foram propostas novas situações-problema com um maior nível de complexidade. Alguns conceitos foram explicados com mais detalhes e outros foram introduzidos a partir do filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares”. Após, mais uma atividade foi realizada para que, progressivamente, fossem apresentados aos alunos os tópicos de Física de Partículas.*

Nova situação-problema: foram desenvolvidas novas situações-problema com um nível maior de complexidade, com propósito de discutir com os alunos o surgimento das Partículas Elementares e como elas estão organizadas no Modelo Padrão. No início foi proposta a seguinte questão-chave: *Será que não existem partículas menores que o próton, nêutron e o elétron? Como elas podem ser detectadas?*, que foi discutida pela turma, antes da realização das situações. Após, o filme “O Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, 2006) foi utilizado como organizador prévio. Na sequência os alunos, em grupos, responderam as questões sobre o assunto e elaboraram um mapa conceitual com o programa Cmap Tools na sala de informática. A nova situação foi desenvolvida em 2 horas-aula.

Diferenciação progressiva: Os conceitos foram novamente apresentados através do artigo “Sobre o Discreto Charme das Partículas Elementares” (Abdalla, M., 2005). Nesta atividade a turma leu o artigo, com a mediação da professora, que no decorrer da leitura destacou alguns pontos relevantes sobre Partículas Elementares, conforme estas iam sendo apresentadas no artigo. Ao término da leitura e da discussão, os alunos elaboraram uma linha de tempo das diferentes Partículas Elementares. Estas atividades foram realizadas em 4 horas-aula.

6º Passo: *Neste passo foi realizada uma aula expositiva com o objetivo de concluir a unidade, retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa.*

Aula integradora final: Foram retomados os conteúdos da UEPS de forma expositiva dialogada, com o objetivo de rever os conceitos e relacioná-los. Destacaram-se algumas dificuldades, e a complexidade do Modelo Padrão, e relacionou-se a integração dos conteúdos. Deixou-se claro que os tópicos da Física Clássica e de FMC se completam e que não são conteúdos isolados. A aula foi desenvolvida em 1 hora-aula.

7º Passo: *Foi proposta uma avaliação individual da aprendizagem.*

Avaliação somativa individual: Nesta atividade foram propostas questões abertas e fechadas sobre partículas elementares, possibilitando aos alunos expressarem livremente sua compreensão. A avaliação foi realizada em 1 hora-aula.

8º Passo: *Nesta atividade os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento, com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade da aprendizagem.*

Avaliação da Aprendizagem da UEPS: Os alunos elaboraram, em dupla, um mapa conceitual. Após, individualmente, responderam ao questionário final, encerrando as atividades de avaliação da UEPS. Atividades desenvolvidas em 2 horas-aula.

Avaliação da UEPS: Análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS, onde verificamos a ocorrência ou não da aprendizagem significativa.

Das atividades implementadas na sequência da UEPS, quais sejam questionário, mapa livre, mapa conceitual, linha do tempo, leitura de texto de divulgação científica e atividades experimentais, fizemos um recorte dos resultados das atividades com mapas para serem analisadas

neste artigo. No total foram realizados três mapas por dupla, sendo um mapa livre e dois mapas conceituais durante a sequência da UEPS.

Resultados

Em nosso trabalho optamos em realizar uma abordagem predominantemente qualitativa. Segundo Chizzotti (2008, p.28), o termo qualitativo implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível.

Neste sentido a análise qualitativa aplicada ao presente trabalho favoreceu a interpretação dos resultados da pesquisa, a partir dos referenciais teóricos e dos mapas desenvolvidos durante a implementação da UEPS.

A principal ideia, na avaliação por mapas conceituais, é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de uma determinada unidade de estudo (Moreira 2006). Nesta pesquisa, o uso dos mapas como instrumentos de avaliação se revelou um importante instrumento de investigação da ocorrência de aprendizagem significativa. Isto porque os mapas conceituais têm a intenção de representar relações significativas entre conceitos em forma de proposições, e podem ser usados como recursos complementares de avaliação. Para tanto, sugere-se que os mapas conceituais devem ser avaliados de acordo com as ideias da teoria cognitivista de Ausubel (Novak e Gowin 1988).

Na elaboração de critérios de avaliação para análise dos mapas, buscamos subsídios em alguns trabalhos da literatura, entre os quais destacamos Novak e Gowin (1988), Costamagna (2001), Moreira (2005), Trindade (2011), Trindade e Hartwig (2012).

De forma diversa da proposta por Novak e Gowin (1988), que sugerem alguns critérios de pontuação com escores para a avaliação quantitativa e qualitativa dos mapas conceituais, utilizamos critérios qualitativos, de acordo com a evolução dos conceitos sugeridos na UEPS.

Neste sentido, avaliamos a construção do conhecimento durante o desenvolvimento da UEPS de forma qualitativa, a partir dos conceitos (ou elementos) de aprendizagem (quadro 2) e criamos um conjunto de critérios (quadro 3) que serviram de referência na categorização dos mapas. Tais *categorias* foram referenciadas e ancoradas na teoria da aprendizagem significativa.

Quadro 2 – rol de elementos utilizados na avaliação da aprendizagem significativa dos alunos através dos mapas.

Elementos/conceitos	Descrição dos conceitos	Divisão conceitos
Proposições	Estão relacionadas com o significado entre dois conceitos, sendo indicada pela linha que une e pela(s) palavras de ligação.	1. Proposições/ ligações erradas (conceitos errôneos) 2. Proposições/ligações válidas
Hierarquia	Verifica se um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito anteriormente.	1. Válidas 2. Não válidas
Ligações cruzadas	As ligações significativas e válidas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento. As ligações podem ser criativas.	1. Conceitos cruzados válidos e significativos 2. Conceitos cruzados e não significativos

Diferenciação progressiva	As ideias mais gerais e inclusivas progressivamente diferenciadas. Um conceito geral deve se relacionar com conceitos menos gerais.	1. Válidas 2. Não válidas
Reconciliação integrativa	Recombinação de conceitos já existentes que se reorganizam e forma outros conceitos.	1. Válidas 2. Não válidas
Exemplos	Exemplos apropriados.	1. Válidos 2. Não válidos
Integração entre os conceitos abordados na UEPS	Integração entre os conceitos de eletricidade, magnetismo e física de partículas.	1. Válidas 2. Não válidas

Quadro 3 - critérios utilizados no processo de categorização elaborado pela pesquisadora

Categorias	Proposições/ ligações erradas	Proposições / ligações válidas	Conceitos irrelevantes	Relações hierárquicas	Conceitos cruzados válidos e significativos
Categoria A	sim	não	sim	em parte	não
Categoria B	não	em parte	em parte	em parte	sim
Categoria C	não	sim	não	sim	sim
Categorias	Conceitos cruzados e não significativos	Integração entre os conceitos abordados na UEPS	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa	Exemplos válidos
Categoria A	sim	não	não	não	não
Categoria B	em parte	em parte	sim	não	em parte
Categoria C	não	sim	sim	sim	Sim

No decorrer da UEPS os alunos elaboraram três mapas. O primeiro foi denominado mapa livre, e teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito da constituição da matéria. Os outros dois mapas foram classificados como mapas conceituais. Quanto à análise dos mapas, estes foram classificados em três *categorias* definidas *a priori*, determinadas a partir dos critérios elaborados.

- *Categoria A* – mapas que **não apresentam relações válidas** entre os conceitos ou que **não apresentam subsunções relevantes**.

- *Categoria B* – mapas que apresentam **poucos** indícios de aprendizagem significativa.
- *Categoria C* – mapas que apresentam indícios **satisfatórios** de aprendizagem significativa.

Com relação especificamente à análise das atividades que envolveram mapas, tivemos a participação de 26 alunos, que, em duplas elaboraram durante a implementação da UEPS um total de 39 mapas (3 mapas por dupla) em diferentes momentos. Através da análise destes mapas foi possível verificar os conhecimentos prévios, a evolução na compreensão destes conceitos e indícios de aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados. Os mapas elaborados pelas duplas também foram classificados conforme as categorias, conforme demonstrado no quadro 4.

Quadro 4 – relação das *categorias* e dos mapas

Categorias/ Mapas	MAPA 01	MAPA 02	MAPA 03
<i>Categoria A</i>	11 duplas	Nenhuma dupla	Nenhuma dupla
<i>Categoria B</i>	02 duplas	11 duplas	05 duplas
<i>Categoria C</i>	Nenhuma dupla	02duplas	08 duplas

A seguir, como exemplo, analisamos os mapas de 2 duplas, com o objetivo de mostrar tanto a evolução conceitual apresentada pelos alunos durante a sequência das atividades desenvolvidas nas diferentes situações da UEPS, como a aprendizagem significativa propiciada.

As figuras 1, 3 e 5 correspondem aos mapas elaborados pela dupla B nas três atividades desenvolvidas. As figuras 2, 4 e 6 correspondem aos mapas elaborados pela dupla M nas mesmas atividades.

De acordo com a análise da primeira atividade, classificamos onze duplas de alunos na *categoria A* e duas duplas na *categoria B*. Os mapas livres elaborados e inseridos na *categoria A* mostraram que a maioria das duplas não apresenta conhecimentos prévios relevantes sobre os tópicos sugeridos. Os mapas apresentaram proposições com ligações cientificamente incorretas, as quais evidenciaram que os conteúdos anteriormente estudados na disciplina de Química, por exemplo, sobre a constituição do átomo, foram assimilados apenas superficialmente, ou seja, os alunos realizaram as ligações sem demonstrar um conhecimento significativo em relação aos conceitos sugeridos.

Pudemos verificar através dos mapas livres (mapa 1) das duplas B e M, figuras 1 e 2, que os alunos demonstraram não possuir os conhecimentos prévios, fato este que os classificou na *categoria A*. Observamos, porém, que as duplas fizeram algumas relações válidas e relações entre conceitos que apresentam similaridade no nome, como força gravitacional e grávitons. Também verificamos a presença de algumas relações hierárquicas coerentes.

No mapa da dupla B (figura 1), foram registradas proposições sem ligações cientificamente aceitas, e apresentadas algumas palavras de ligação com erros, por exemplo, carga elétrica formada por elétrons, prótons e nêutrons. Isto evidenciou uma grande dificuldade de apresentar relações entre conceitos de Física de Partículas, bem como integrar estes com a constituição da matéria.

Na figura 2 temos o mapa livre elaborado pela dupla M. Observamos a ocorrência de algumas proposições e ligações válidas e a dificuldade em associar os conceitos, como a ligação entre carga e elétron apenas. Apesar de existirem relações cientificamente aceitas entre os tipos de interações, pode-se inferir, através das manifestações orais dos alunos, que estas foram criadas pela semelhança entre os nomes (como por exemplo, a ligação entre *grávitons* e *força gravitacional*),

indicando a ausência de conhecimentos prévios dos conceitos apresentados na elaboração da atividade.

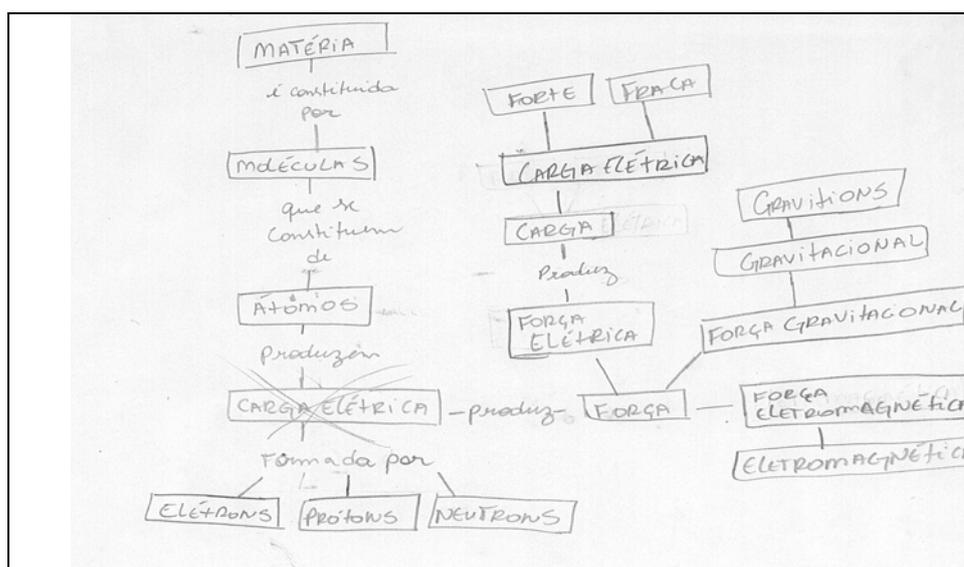


Figura 1 – MAPA 1- Mapa livre elaborado pela dupla B

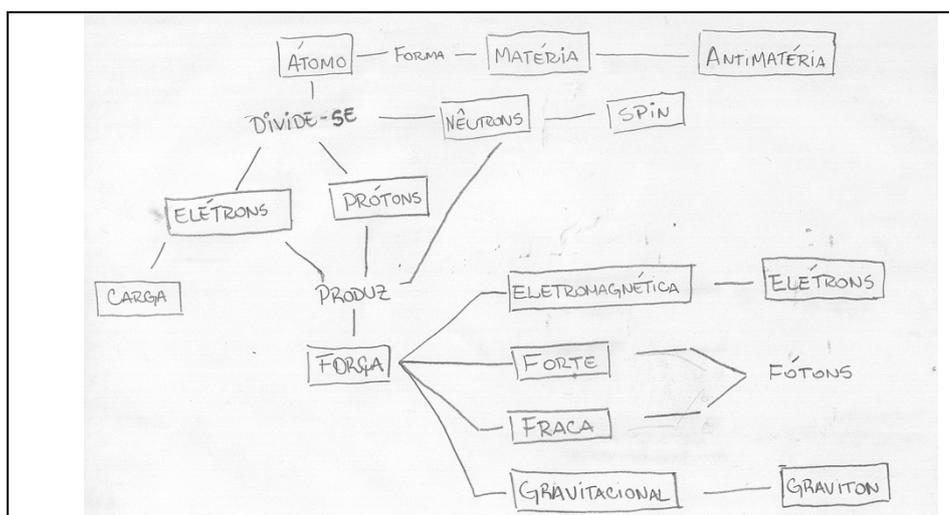


Figura 2 – MAPA 1 - Mapa livre elaborado pela dupla M

Da análise dos mapas livres, pudemos concluir que a maioria dos alunos não apresentava subsunções relevantes em sua estrutura cognitiva. Ficou também evidenciado a carência de ideias claras, hierárquicas e organizadas dos conceitos disponibilizados no quadro 3. Desta forma propomos a apresentação do vídeo “O Discreto Charme das Partículas Elementares”, implementado no 5º passo, como organizador prévio, que são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si (Moreira,2012).

Os mapas conceituais elaborados no passo 5 (mapa 2), também foram classificados de acordo com as categorias propostas no quadro 3, de forma a verificar indícios de aprendizagem significativa. De acordo com a análise, classificamos onze duplas de alunos na categoria B e duas duplas na categoria C.

Utilizamos como exemplo de nossa análise as mesmas duplas identificadas na amostra dos mapas livres, e que foram classificadas na categoria A.

Nas figuras 3 e 4 temos os mapas (mapa 2) elaborados pelas duplas B e M que foram classificados na *categoria B* por apresentarem poucos indícios de evolução na aprendizagem. Estes mapas foram elaborados no quinto passo, enquanto a UEPS ainda estava em andamento, e os alunos ainda em processo de construção dos conhecimentos apresentados. Desta forma a ausência de relações válidas entre alguns conceitos já era esperada.

Por outro lado, observamos que as duplas, em geral, apresentaram relações hierárquicas válidas e algumas palavras de ligação, dando sentido às proposições. Os mapas não apresentaram todos os conceitos trabalhados, e não se identificou neste momento relações que demonstrassem integração entre os conceitos referentes à carga elétrica e à Física de Partículas na forma de relações válidas.

Constatamos também que os alunos, após a realização das atividades propostas no decorrer da UEPS, apresentaram indícios de aprendizagem em relação aos tópicos de Física de Partículas trabalhados durante as aulas modificando os conhecimentos errôneos verificados inicialmente quando da elaboração dos mapas livres, como exemplo, a formação básica da constituição da matéria. No mapa 2 os alunos já apresentaram o átomo como sendo composto pelos elétrons e pelo núcleo, onde se encontram os nêutrons e os prótons, o que não aconteceu na maioria dos mapas livres elaborados na atividade inicial. Outro exemplo da evolução da aprendizagem verificada pela análise dos mapas foi o entendimento de que a matéria é constituída por átomos. Todos estes conceitos já haviam sido supostamente estudados na disciplina de Química, mas não estavam presentes de forma significativa na estrutura cognitiva dos estudantes no início da implementação da UEPS, de forma que não apareceram nas atividades iniciais propostas para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes.

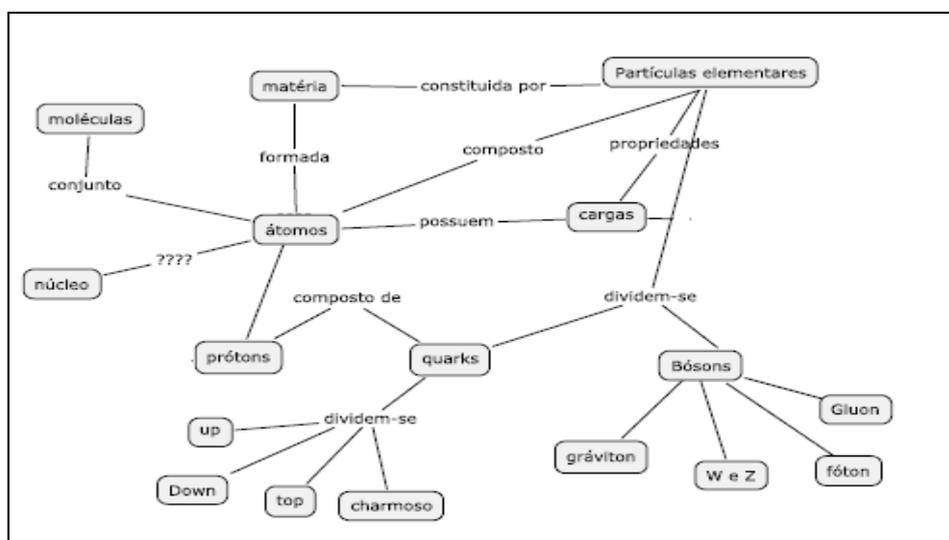


Figura 3 –MAPA 2 - Mapa conceitual elaborado pela dupla B

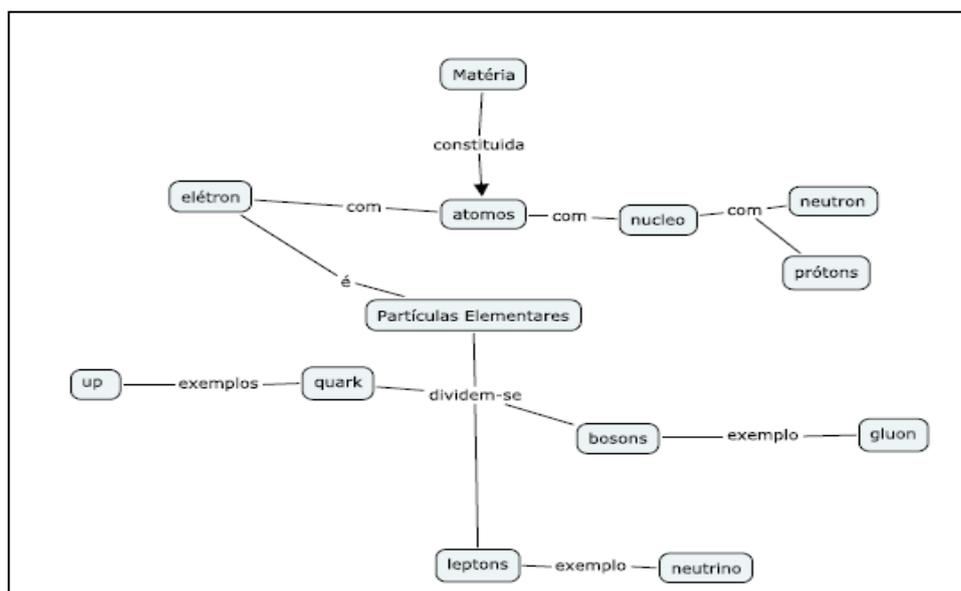


Figura 4 – MAPA 2 -Mapa conceitual elaborado pela dupla M

Na atividade final, no sexto passo, da UEPS os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual (mapa 3) integrando todos os conceitos vistos até o momento, com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade na aprendizagem. Os mapas foram classificados, novamente, de acordo com as categorias do quadro 2 de maneira a verificar a ocorrência de aprendizagem significativa dos estudantes. De acordo com a análise, classificamos cinco duplas de alunos na *categoria B* e oito duplas na *categoria C*, o que demonstrou um grande avanço na evolução conceitual e na aprendizagem significativa.

Nas figuras 5 e 6 temos os mapas conceituais 2 elaborados pelas duplas B e M, que demonstram significativamente esta evolução, pois no mapa livre se encontravam na *categoria A*, no segundo mapa na *categoria B*, e no mapa final pertencem à *categoria C*.

Os mapas classificados nesta *categoria* apresentaram indícios satisfatórios de aprendizagem significativa, como por exemplo, ligações válidas entre os conceitos de *elétron* e *carga elétrica*.

Verificamos a presença de relações hierárquicas válidas, conceitos cruzados, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e a relação de integração entre os conteúdos abordados nestes mapas. Como exemplo de diferenciação progressiva podemos citar, no mapa da dupla B (figura 5), a disposição hierárquica do conceito mais geral (matéria), prosseguindo com conceitos intermediários (partículas elementares, átomos) até se chegar na base do mapa, com conceitos mais específicos, como a divisão dos quarks e dos bósons.

Outro indício de aprendizagem significativa, segundo os critérios propostos na pesquisa, é presença de indício de ocorrência de integração entre os conceitos abordados. Como exemplo, podemos citar as ligações entre os conceitos de partícula elementar, carga, elétron e processo de eletrização, constante no mapa da dupla M (figura 6).

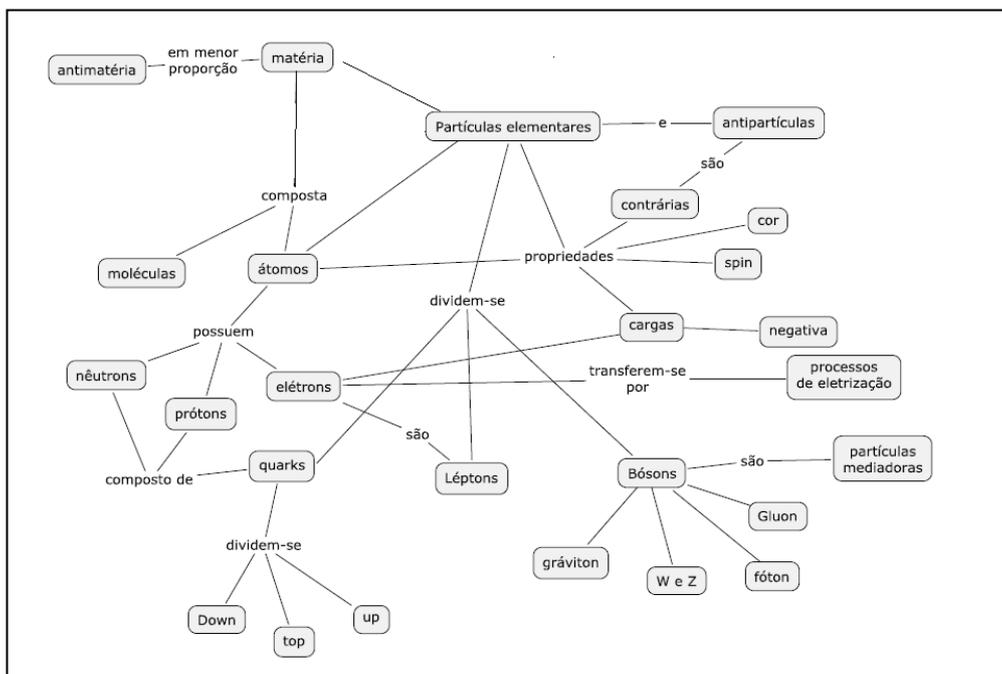


Figura 5 – MAPA 3 - Mapa conceitual elaborado pela dupla B

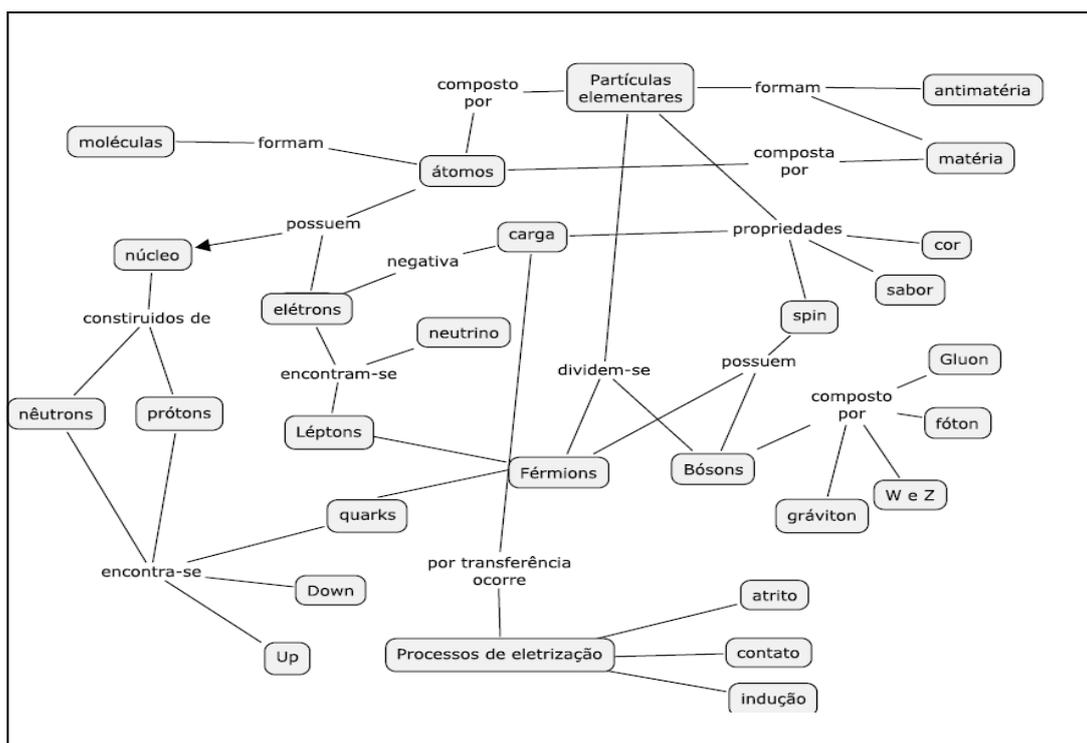


Figura 6 – MAPA 3 - Mapa conceitual elaborado pela dupla M

Conforme já dito antes, este artigo é um recorte de uma pesquisa mais ampla, que se utilizou, também, de outros instrumentos de análise, como respostas à questões e problemas. Desta forma, nossa conclusão de que houve tal evolução também se baseia na triangulação da análise de todos os instrumentos utilizados.

Pudemos concluir, através da análise dos mapas, que o conjunto das atividades implementada na UEPS proporcionaram uma evolução conceitual na aprendizagem dos alunos.

Ficou evidenciado, pela análise dos resultados elencados no quadro 3, onde consta a relação das *categorias* e os mapas, que as atividades com mapas têm a capacidade de conduzir a uma aprendizagem significativa.

O quadro 3 demonstra que a maioria das duplas de alunos, ao elaborarem inicialmente os mapas livres, foi classificada na categoria A, ou seja, não apresentavam subsunçores relevantes na sua estrutura cognitiva. Após terem realizado algumas atividades colaborativas propostas na UEPS, os alunos agregaram conhecimentos, conforme indícios coletados na análise do segundo mapa, realizado após a utilização do recurso com organizador prévio. Nesta etapa, com a UEPS ainda sendo desenvolvida, constatamos evolução através da migração de onze duplas da categoria A do mapa livre para a categoria B do mapa conceitual da segunda atividade, onde classificamos os mapas que apresentam poucos indícios de aprendizagem significativa. Posteriormente oito duplas migraram para a categoria C no mapa conceitual final (mapa 3), onde classificamos os mapas com indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Importante ressaltar que na análise do mapa conceitual final (mapa 3), a maioria das duplas foi classificada na categoria B, a nosso ver, pelo fato da complexidade dos conteúdos envolvidos e do reduzido conhecimento prévio dos alunos participantes da pesquisa. Outra demonstração da evolução da aprendizagem está no fato de nenhuma dupla ter sido classificada na categoria A no mapa 3.

Considerações finais

O desenvolvimento do presente trabalho evidenciou que a implementação da UEPS, além de facilitar a aprendizagem significativa dos alunos, proporciona uma alternativa de desenvolver temas contemporâneos na escola básica, tornando o ensino e aprendizagem dos conteúdos de Física de Partículas mais estimulante para o aluno.

Os resultados obtidos também demonstraram, efetivamente, que a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea integrado aos conteúdos clássicos, em específico Física de Partículas, através da metodologia das UEPS, conduziu a uma aprendizagem por parte dos alunos, pois apresentou tópicos de física moderna de forma conceitual, contextualizada e integrada ao conceito clássico de carga elétrica. Acreditamos que tal abordagem colabora na construção de uma sociedade mais informada e capaz de acompanhar os avanços da Ciência.

Portanto, a utilização do recurso da UEPS, como demonstrado neste trabalho, serviu como uma estratégia didática inovadora na abordagem de tópicos de Física de Partícula integrados aos conteúdos clássicos no Ensino Médio. Contribuiu amplamente para a inserção de FMC no Ensino de Física, pois facilitou a prática docente e, principalmente, auxiliou no processo de ensino e aprendizagem.

Referências

- Abdalla, M. C. B. (2005). Sobre o discreto charme das partículas elementares. *Física na Escola*, v. 6, n. 1, p. 38-44.
- Abdalla, M. C. B. (2006). *O Discreto Charme das Partículas Elementares*. São Paulo: UNESP.
- Calheiro, L. B. (2014). *Inserção de tópicos de Física de Partículas Integradas aos Conteúdos Tradicionalmente Abordados no Ensino Médio*. Dissertação, (Mestrado em Educação em Ciências), UFSM, Santa Maria, 2014.
- Chizzotti, A. (2008). *Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais*, 2ª ed. – Petrópolis, RJ: Ed. Vozes.

Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 309-318.

Moreira, M. A. (2005). Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na Revista Chilena de Educação Científica 4(2):38-44. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

Moreira, M. A. (2006). Mapas Conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: Ed. Do autor.

Moreira, M.A. (2010). Abandono da Narrativa, Ensino Centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente. Conferência proferida no II encontro Nacional de Ensino de Ciência da Saúde e do Ambiente, Niterói, RJ, 12 a 15 de maio de 2010 e no VI Encontro Internacional e III Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, São Paulo, SP, 26 a 30 de julho de 2010.

Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revistas/ Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63.

Moreira, M. A. (2011). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: Ed. EPU, 2011.

Moreira, M.A. (2012). Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008 , pp. 23-30.

Moreira, M .A., Caballero, M. C. e Rodriguez, M. L. (1997). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. (orgs.) Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España. pp. 19 -44.

Moreira, M. A. & Masini E.F.S. (2011). Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel.4ª edição. Editora Centauro, São Paulo.

Moreno, L. R.; et al. (2007). Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. Ciência & Educação, v. 13, n. 3, p. 453-463.

Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1988). Aprendiendo a aprender. Barcelona: Martínez Roca. Tradução para o espanhol do original Learning how to learn.

Novak, J. D. & Canãs , A. J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun.

Ostermann, F. & Moreira, M. A. (2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. Caderno Catarinense de Física, Florianópolis, V.18(2).

Siqueira, M. R. P. & Pietrocola, M. (2010). Espalhamento de Rutherford na sala de aula do ensino médio. A Física na Escola (Online), v. 11, p. 9-11.

Trindade, J. O. (2011). Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais. Dissertação apresentada São Carlos, SP.

Trindade, J. O. & Hartwig, D. R. (2012). Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. Química na nova escola, Vol. 34, Nº 2, p. 83-91.

Recebido em: 13.05.13

Aceito em: 09.12.14